中華農業研究（Jour. Agric. Rse. China）35(4)：413～423（1985）

去葉處理與栽植密度對大粒型水稻品種產量表現的影響[1]

魏夢麗　劉大江[2]

摘要：爲探討藉密植栽培增加大粒型水稻單位面積穗數以提高產量的可能性，及於抽穗期與抽穗後一週去除50%葉片，以明瞭穀粒充實期間光合成物質的供需平衡關係，本試驗採用大粒型水稻品種 Pegonil 與中粒型品種臺農67號爲材料，於抽穗後定期測定乾物質之累積與分佈，分析植株各器官全氮與非構造性碳水化合物（TNC）濃度的變化，並解析與產量表現間的關係。在第二期作的栽培環境下，臺農67號較 Pegonil 品種高產40%，穎花數與穗數爲導致差異的主要產量構成因素。於抽穗期去除50%葉片，對成熟期 Pegonil 穗重並無影響，但使臺農67號穗重減輕32%，抽穗後一週去葉使兩品種穗重分別降低14%與32%；去除部份葉片使穗部氮濃度降低，但對葉片與莖稈氮濃度的影響甚小，亦即氮素再轉移至穗部之量甚微，此一現象與同一時期莖稈 TNC 濃度大幅下降，顯示可能因光合成物質供應不足而降低根部活性，致使氮素供應不敷穀粒充實之需。密植栽培（行株距 30×7.5cm）較一般栽培（行株距 30×15cm）可提高 Pegonil 產量42%，唯仍較臺農67號低產20%；密植使單株穗數減少，但大幅增加單位面積穗數，且不影響其他產量構成要素的表現，顯示改良栽培方法以提高大粒型水稻產量的可行性。高族羣密度亦使穀粒氮濃度下降，在植株氮素供需與光合成物質的影響方面，可能與去葉處理具有相似的作用機制。本試驗中大粒型品種在抽穗後3週內，單穗乾物質、全氮與 TNC 的累積速率均顯著超過臺農67號，爲可資利用之優良生理特性，但穀粒充實期較短，穗內穎花累積 TNC 之均一性差距頗大，易導致產量效率（yield efficiency）之降低。

近年來由於水稻品種之改良，供源（source）能力已不爲限制產量的主要品種特性，增大積儲（sink）被認爲與提高產量有密切關係；Jones *et al*.[8] 即建議今後水稻品種改良應注重粒重或粒數的提高，Wei *et al*.[16] 經由對植株非構造性碳水化合物分配效率的研究，認爲如能增大穗部容積，本省第一期作水稻產量有再提高15—20%的可能。穀粒大小與水稻產量潛力及收穫指數均有正相關關係存在[1]，IRRI[7] 的報告指出千粒重爲39克時，水稻有最高產的表現；Wei *et al*.[17] 以 Mira 品種進行試驗，發現大粒型品種的產量雖因分蘗數少而低落，但單穗穀粒生產可超過栽培品種臺農67號26—39%，並建議可經由增加穀粒體積以謀求大幅提高本省稻作產量。

現有之大粒型水稻品種在本省栽培環境下，由於分蘗數與粒數少、結實率低、早熟、因株高而易倒伏及病蟲害抗性差等原因，並不具有經濟生產的條件；但在評估大粒型水稻產量潛能時，應考慮針對最大的產量限制因子—分蘗數少，採用適當的栽培密度；唯密植栽培的實際效果如何，以及光合成物質供需平衡關係的表現與機制如何，則迄今仍缺少試驗報告可資參考。

1.臺灣省農業試驗所　研究報告第1299 號。本計畫承行政院農業委員會補助經費（75農建—2.2—糧—133），本所農藝系張富洲先生與林淑雰小姐協助處理樣品及部份分析工作，謹致謝意。
2.本所農藝系助理與研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

本所作物遺傳與生理研究室多年來對大粒型水稻品種進行篩選與比較，發現秈型品種 Pegonil 的株高較矮（90—100cm）、分蘖數較多、千粒重高（介於 40—45g）而穩定，且糙米長寬比較低（2.33），遂選爲材料，用於培育臺農67號大粒型 isogenic 系統，初步結果甚爲理想（未發表資料）；同時又針對 Pegonil 品種進行各項栽培與生理研究，以瞭解其詳細特性。本試驗採用密植栽培與抽穗時期去除半數葉面積爲處理，探討對產量及其構成要素的影響，分析植株各器官重要成分在穀粒充實期間的濃度變化，及與產量表現間的關係。

材料與方法

本試驗於民國74年第二期作在臺中縣霧峰鄉本所試驗農場進行，以手植方式栽培水稻 Pegonil 與臺農67號兩品種，前者爲一大粒型品種，千粒重可達 45g，後者爲一中粒型推廣品種，千粒重約在 25g 左右。除特殊註明者外，栽植之行株距爲 30×15cm；插秧日期爲 8 月 2 日，肥料用量N：P_2O_5：K_2O 爲 100 : 60 : 50 kg/ha，分基肥與二次追肥施用，其他管理按慣行栽培法爲之。

試驗分爲兩部份進行；第一部份爲去葉試驗，係於水稻抽穗期及抽穗後一週，分別剪去兩個水稻品種每一葉片上端二分之一面積，合計 4 處理；第二部份爲栽培密度試驗，兩品種除以 30×15cm 行株距（合每公頃約22萬 2 千株）及 4－6 支苗移植栽培外，Pegonil 另以單本植及行株距 30×7.5cm（合每公頃44萬 5 千株）與單本植栽培，合計爲 4 處理。兩部份試驗於田間合併進行，採用完全逢機區集設計，三重複，小區面積爲 4.5×6m。

各試驗均自抽穗期起，每隔一週取樣一次，栽培密度試驗每次自每小區取樣10株，去葉處理試驗取樣 4 株（2 × 2），將植株區分爲葉片、莖稈（含葉鞘）及穗三部份，樣品置於 100°C 通風乾燥於 2 小時後，繼續以 80°C 乾燥48小時，測定乾物質重量；乾燥之樣品再經 Wiley mill 以40目篩磨粉，測定全氮與非構造性碳水化合物（TNC）濃度，前者係以 semi-micro Kjeldahl 法，後者係仿 Smith[11] 法分析。水稻成熟後，並自每小區取樣30株測定產量及其構成要素，穗部並區分爲充實與不充實穀粒及枝梗三部份，除秤量乾重外，亦分析全氮與 TNC 濃度。

結 果

本試驗進行期間的氣象資料列於表 1，水稻於 8 月 2 日插秧，大粒型品種 Pegonil 具有早熟特性，於 9 月24日抽穗，較臺農67號提早18日；Pegonil 品種於抽穗後 4 週即趨於成熟，但仍於抽穗後 5

Table 1. Mean temperature, sunshine duration, day-length and solar radiation at Wufeng (Taichung) area from July to December, 1985[a]

Item	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
Temperature (°C)						
Mean	28.2	27.8	27.0	25.5	21.3	16.8
Maximum	33.5	34.0	32.0	30.4	28.1	25.9
Minimum	24.3	23.7	22.9	21.2	16.0	8.8
Sunshine Duration (hr)	6.7	6.7	8.3	8.3	7.9	7.6
Day-length (hr)	13.5	13.0	12.3	11.1	11.0	10.6
Solar Radiation ($cal/cm^2/day$)	405	328	348	315	276	274

[a] Data of temperature, sunshine duration and solar radiation are from Central Weather Bureau, ROC; day/length data are from Taiwan Provincial Food Bureau.

週收穫，臺農67號插秧至抽穗日數爲67日，亦於抽穗後5週收穫。水稻生育期間氣候良好，無嚴重病蟲害發生，植株生育健壯；但由表1之日射量資料推測，Pegonil 品種因抽穗較早，穀粒充實期間接受之日射量應較臺農67號爲高。

抽穗後 Pegonil 與臺農67號品種植株各部位乾物重變化示於表2之對照（CK）處理，每欉稻株之葉片、莖稈與穗部乾重，均以臺農67號爲高，顯示就全株而言，目前栽培最廣之臺農67號品種有較高的乾物質生產能力。葉片的乾重隨植株成熟而降低，但後期大幅減少的部份原因爲葉片枯萎脫落；莖稈乾重在抽穗後一週內有增加的趨勢，但隨後亦趨下降，降幅較大的時期，在 Pegonil 爲抽穗後1至2週，臺農67號爲2至3週；穗部因穀粒充實而乾重持續上升，Pegonil 在抽穗後2至3週的增加最爲明顯，第3週時已接近最高乾物質含量；臺農 67 號的表現則有不同，乾物累積速率以第1至3週最快，其後雖趨緩慢，但在試驗進行期間均維持增加的趨勢，亦即具有較長的充實時期（filling period）。

於抽穗時去除二分之一葉片，對莖稈乾物重變化的影響不大，除臺農67號收穫時經去葉處理植株莖稈乾重較低外，其他皆與對照植株相近（表2）。去葉有延緩大粒型品種 Pegonil 穗部乾物質累積的效果，亦即穀粒有效充實期間自3週延長爲接近5週，但充實速率同時下降，故最終穗重與對照處理相同。抽穗期去葉對臺農67號水稻穗部發育具有較明顯的影響，成熟期穗重爲每株 18.5g，較對照減少 9.1g，降幅達33%（表2）；又有縮短穀粒充實期間的作用，在抽穗後4週以後，穗部乾重已不再增加。抽穗後一週去除二分之一葉片，對臺農67號所造成的影響與抽穗時進行處理相同，均能

Table 2. Effects of 50% leaf-cutting on the changes in dry weight (g/plant) of different plant fractions of Pegonil and Tainung 67 rice varieties during grain-filling[a]

Variety	Plant Fraction	Time of Leaf-cutting Treatment (wks after heading)	Weeks after Heading 0	1	2	3	4	5
Pegonil	Leaf Blade	CK	5.7±0.9	5.2±0.5	3.8±0.6	2.6±0.3	—[b]	2.3±0.3
		0		2.9±0.7	2.3±0.7	1.5±0.1	—	1.0±0.2
		1			1.7±0.2	1.2±0.1	—	0.7±0.1
	Culm	CK	10.8±1.2	12.6±0.7	9.8±1.2	9.6±0.9	—	7.4±0.8
		0		11.4±1.5	8.4±1.2	7.7±0.8	—	9.0±0.7
		1			8.2±1.0	7.1±0.9	—	8.7±0.4
	Panicle	CK	2.7±0.5	6.1±0.9	9.5±0.5	17.9±1.9	—	18.1±2.2
		0		5.2±0.6	9.6±0.8	14.1±2.2	—	17.9±1.3
		1			10.1±2.3	12.4±0.7	—	15.6±1.0
Tainung 67	Leaf Blade	CK	7.0±0.3	6.5±0.3	5.4±0.2	4.8±0.6	3.1±0.3	2.4±0.2
		0		3.5±0.3	3.1±0.9	2.7±0.3	2.1±0.1	2.0±0.2
		1			2.8±0.4	2.8±0.3	2.1±0.2	1.7±0.3
	Culm	CK	17.7±0.3	18.7±1.0	17.4±0.8	14.9±1.2	14.0±1.6	14.2±0.6
		0		16.4±1.8	15.1±3.3	13.1±1.1	13.0±0.3	11.5±0.8
		1			15.6±1.5	15.1±3.3	13.4±1.6	11.1±1.1
	Panicle	CK	5.1±0.1	5.9±0.6	12.9±1.9	20.4±1.8	24.6±1.7	27.6±1.8
		0		4.9±0.8	10.7±1.9	15.2±0.8	18.6±0.9	18.5±1.5
		1			11.9±3.1	17.3±3.4	19.6±1.6	18.1±1.9

[a] Spacing was 30×15cm; transplanting rate was 4 to 6 seedlings per hill.

[b] Samplings were not made at the 4th week after heading for Pegonil variety.

使莖稈與穗部乾物產量下降，且不同時期處理間均無差異存在；Pegonil 品種穗重亦因抽穗後一週損失葉面積而下降，每株穗重減輕 2.5g，降幅爲10%，不若臺農67號顯著。

去葉處理對水稻植株各部位全氮濃度變化的影響列於表 3；在抽穗後一週以前，兩品種葉片氮濃度相近，介於2.3—2.6%之間，但隨後之濃度下降以 Pegonil 較爲明顯，第 3 週時僅爲1.3%，顯著低於臺農 67號之1.8%；成熟時臺農 67號葉片含氮量仍達全乾物重之1.33%，Pegonil 則已低至0.92%。抽穗時兩品種穗部氮濃度亦同，均爲1.2%，但 Pegonil 穗部在穀粒充實期間可累積多量氮素，成熟時之濃度高達1.51%，遠較臺農67號（1.15%）爲高。

去葉處理對抽穗後葉片氮素濃度及其變化未能產生影響，但抽穗時去葉有使一週後莖稈氮濃度小幅上升的作用，唯此一現象在抽穗後第二週即已消失。去除部分葉片對氮素濃度表現最明顯的影響發生於穗部，抽穗期處理可使臺農67號穗部全氮濃度顯著降低，抽穗後一週處理，則兩品種穗部累積氮素都受到不利的影響（表 3）。

Table 3. Effects of 50% leaf-cutting on the changes in N concentrations (%) of different plant fractions of Pegonil and Tainung 67 rice varieties during grain-filling[a]

Variety	Plant Fraction	Time of Leaf-cutting Treatment (wks after heading)	Weeks after Heading					
			0	1	2	3	4	5
Pegonil	Leaf Blade	CK	2.57±0.24	2.26±0.15	1.65±0.13	1.30±0.18	—[b]	0.92±0.05
		0		2.25±0.15	2.06±0.20	1.38±0.19	—	1.00±0.06
		1			1.89±0.20	1.50±0.10	—	1.01±0.06
	Culm	CK	0.69±0.15	0.68±0.06	0.60±0.06	0.60±0.02	—	0.71±0.04
		0		0.78±0.12	0.81±0.00	0.69±0.05	—	0.72±0.09
		1			0.75±0.15	0.63±0.08	—	0.69±0.06
	Panicle	CK	1.24±0.16	1.64±0.11	1.57±0.05	1.38±0.06	—	1.51±0.18
		0		1.58±0.05	1.51±0.07	1.47±0.14	—	1.44±0.07
		1			1.47±0.16	1.27±0.02	—	1.32±0.00
Tainung 67	Leaf Blade	CK	2.41±0.12	2.23±0.10	1.89±0.07	1.81±0.10	1.45±0.06	1.33±0.02
		0		2.19±0.11	1.88±0.09	1.82±0.11	1.48±0.03	1.20±0.11
		1			1.88±0.12	1.62±0.12	1.47±0.00	1.20±0.10
	Culm	CK	0.57±0.06	0.55±0.02	0.58±0.04	0.64±0.06	0.59±0.02	0.53±0.03
		0		0.62±0.08	0.60±0.00	0.59±0.03	0.55±0.05	0.52±0.02
		1			0.60±0.07	0.59±0.10	0.49±0.04	0.60±0.02
	Panicle	CK	1.23±0.02	1.20±0.04	1.06±0.03	1.22±0.03	1.10±0.02	1.15±0.10
		0		1.22±0.04	1.04±0.06	1.09±0.02	1.04±0.06	0.88±0.12
		1			1.04±0.05	1.15±0.06	1.02±0.07	1.02±0.08

[a] Spacing was 30×15cm; transplanting rate was 4 to 6 seedlings per hill.

[b] Samplings were not made at the 4th week after heading for Pegonil variety.

與氮素濃度表現相反，大粒型品種 Pegonil 葉片內 TNC 濃度在抽穗後第 2 週以前均較臺農67號爲高，但成熟期之老化葉片內 TNC 濃度則以臺農67號較高（表 4）。抽穗時莖稈內含有多量之貯存性 TNC，兩品種之濃度介於23—25%之間，抽穗後一週內並有繼續累積與濃度上升的現象，以 Pegonil 爲例，可高達 29%；其後 TNC 濃度因再轉移作用而快速下降，第 2 週時爲17—19%，第 3 週已降至 8 %左右，收穫期 Pegonil 品種莖稈內 TNC 濃度僅爲 3 %，臺農67號稍高，但亦不及 7 %。穗爲水稻累積碳水化合物最主要的部位，其 TNC 濃度自抽穗後不斷上升，本試驗中成熟穗因

包含未充實穀粒、枝梗及內外穎等 TNC 含量較少的組織，TNC 濃度應低於穎果之濃度，Pegonil 之數值爲57%，臺農67號爲62%，以後者較高（表 4）。

去葉處理對水稻莖稈與穗內 TNC 濃度的影響最爲顯著，抽穗時去除二分之一葉片，經過 1、2 與 3 週後，Pegonil 品種莖稈 TNC 濃度分別爲 20.6%、10.9% 與 2.1%，僅及對照植株（分別爲 29.0%、19.2%與7.7%）之30—70%，降幅極鉅。臺農67號水稻也有相似的表現，唯所受影響不若 Pegonil 品種顯著，處理後 1 至 3 週間，TNC 濃度約爲對照植株濃度的52—93%；但收穫期臺農67號莖稈內 TNC 含量僅有3.4%，恰爲未經去葉處理植株之一半（表 4）。至於抽穗後一週進行去葉對莖稈 TNC 濃度造成的影響，則與抽穗期處理的結果相同，兩處理間無顯著差異存在。

Table 4. Effects of 50% leaf-cutting on the changes in TNC concentrations (%) of different plant fractions of Pegonil and Tainung 67 rice varieties during grain-filling[a]

Variety	Plant Fraction	Time of Leaf-cutting Treatment (wks after heading)	Weeks after Heading					
			0	1	2	3	4	5
Pegonil	Leaf Blade	CK	4.4±0.6	5.3±0.2	5.7±0.3	3.4±1.1	—[b]	0.9±0.3
		0		4.8±0.8	3.6±0.4	2.0±0.3	—	1.0±0.2
		1			4.1±0.7	2.0±0.3	—	1.1±0.3
	Culm	CK	22.7±3.6	29.0±0.2	19.2±3.3	7.7±3.5	—	3.1±1.1
		0		20.6±3.1	10.9±1.4	2.1±0.1	—	2.1±0.4
		1			10.2±0.2	2.2±0.6	—	2.6±0.5
	Panicle	CK	4.9±0.4	27.1±5.9	37.1±2.0	45.3±2.4	—	57.4±2.5
		0		28.1±5.2	—	40.9±2.3	—	53.0±1.2
		1			39.4±4.1	42.6±2.4	—	54.2±0.9
Tainung 67	Leaf Blade	CK	4.0±0.2	2.9±0.4	2.2±0.1	3.2±0.2	2.4±0.4	3.5±0.6
		0		2.9±0.4	2.1±0.2	2.9±0.2	2.2±0.3	2.7±0.4
		1			2.2±0.3	2.7±0.4	2.1±0.1	2.0±0.3
	Culm	CK	24.7±2.1	26.1±0.8	17.2±1.4	8.6±3.8	6.0±3.8	6.8±1.2
		0		24.3±3.7	12.5±4.8	4.5±0.9	2.2±0.8	3.4±0.5
		1			11.7±0.4	4.3±1.1	2.4±0.9	3.0±0.7
	Panicle	CK	6.2±0.2	15.3±2.6	—	37.3±0.8	48.9±4.6	61.9±1.2
		0		11.8±4.3	33.8±3.4	42.0±1.4	47.1±6.1	53.8±1.0
		1			36.4±5.3	46.1±2.5	46.9±4.8	53.4±1.4

[a] Spacing was 30×15cm; transplanting rate was 4 to 6 seedlings per hill.

[b] Samplings were not made at the 4th week after heading for Pegonil variety.

穀粒充實期間損失部分葉面積，可使臺農67號穀粒充實速率提高，但縮短有效充實時間之長度，由表 4 中穗部 TNC 濃度增加速度觀之，抽穗後三週內任一時間取樣分析的結果，均以經去葉處理植株的濃度較高，對照組較低，第三週以後的表現則相反，成熟時穗部 TNC 含量以未經去葉之植株爲高，與處理組間的差異極爲顯著。大粒種 Pegonil 品種之試驗結果相似，但所受影響的程度遜於中粒型品種臺農67號。

行株距試驗係以 Pegonil 品種爲材料，分爲30×15與 30×7.5cm 兩種處理，插秧所用苗數分爲多本（4－6 支苗）與單本 2 種。各處理對抽穗與成熟期 Pegonil 植株各部位乾重的影響列於表 5；行株距同爲 30×15cm 時，多本植稻株與單本植稻株比較，於抽穗期均具有較高的葉片、莖稈與穗重，但至成熟期已無差異。將族羣密度加倍（行株距爲 30×7.5cm），且以單本植栽培之處理

Table 5. Effects of spacing and transplanting rate on the changes in dry weight and concentrations of total nonstructural carbohydrates (TNC) and N of Pegonil rice plants between heading and maturity[a]

Plant Fraction	Plant Spacing (cm)	Seedling Number per Hill	Dry Weight (g/plant)		TNC (%)		N (%)	
			Heading	Maturity	Heading	Maturity	Heading	Maturity
Leaf Blade	30×15	4—6	5.7±0.9	2.3±0.3	4.4±0.6	0.9±0.2	2.57±0.24	0.92±0.05
	30×15	1	4.9±0.6	2.2±0.3	4.1±0.4	2.1±0.8	2.98±0.14	0.99±0.14
	30×7.5	1	3.4±0.2	1.7±0.2	4.4±0.2	2.1±0.3	2.85±0.22	0.99±0.09
Culm	30×15	4—6	10.8±1.2	7.4±0.8	22.7±3.6	3.1±1.2	0.69±0.15	0.71±0.04
	30×15	1	7.8±0.9	8.0±0.6	15.6±0.6	4.7±2.1	1.07±0.05	0.69±0.06
	30×7.5	1	5.8±0.7	5.6±0.8	17.1±2.3	5.8±2.2	1.03±0.15	0.65±0.08
Panicle	30×15	4—6	2.7±0.4	18.1±2.2	4.9±0.4	57.4±2.5	1.24±0.16	1.51±0.18
	30×15	1	1.3±0.3	17.3±2.7	6.4±0.5	60.4±4.1	1.67±0.06	1.52±0.07
	30×7.5	1	1.2±0.2	12.5±1.7	5.5±0.6	63.8±1.3	1.54±0.05	1.31±0.06

[a] Data are means of measurements from 30 plants (10 from each replication).

，每欉稻株乾重均較 30×15cm 處理植株爲低（表 5），以成熟期爲例，莖稈重爲每株 5.6g，較30×15cm 行株距栽培之植株 (8.0g) 輕30%，穗部之差異相似，約爲28%；但如考慮族羣表現，密植栽培因株數加倍，乾物質生產量亦提高，估算成熟期穗與全株乾物產量均較 30×15cm 處理增加45%，稻穀產量之增加幅度亦達35%（表 6）。

Table 6. Yield components and yield of Pegonil and Tainung 67 rice varieties sujected to different cultural treatments[a]

Variety	Plant Spacing (cm)	Seedling Number per Hill	Panicle Number per Hill	Spikelet Number per Hill	Ripened Grain (%)	1,000-Grain-Weight (g)	Panicle Fraction (g/plant)				Grain Yield (t/ha)
							Filled Grain	Unfilled Grain	Panicle Branch	Total	
Pegonil	30×15	4—6	10.0±0.9	43.0±3.8	82.0±5.1	45.3±1.3	15.7±2.0	2.8±0.6	0.6±0.1	19.1±1.8	3.5±0.4
	30×15	1	8.8±1.7	51.9±2.7	81.5±4.4	44.5±1.3	16.4±2.8	2.0±0.7	0.6±0.1	19.0±2.3	3.7±0.6
	30×7.5	1	6.5±0.6	47.3±4.7	82.8±4.4	44.5±3.2	11.3±1.7	1.6±0.4	0.4±0.1	13.3±1.5	5.0±0.7
Tainung 67	30×15	4—6	12.5±1.8	114.9±3.7	83.5±1.9	23.2±0.9	27.8±4.2	1.0±0.2	1.3±0.2	30.1±3.6	6.2±0.8

[a] Data are means of measurements from 90 plants (30 from each replication).

單本植 (30×15cm) 與密植栽培均可提高抽穗期葉片、莖稈與穗內氮濃度，但至成熟期則已無差異，密植栽培水稻穗部氮濃度並有下降現象（表 5），與去葉處理的結果相似(參考表 3)。在TNC濃度方面，栽培密度與移植苗數對抽穗期莖稈與成熟期穗部的效應最爲明顯，一般而言，單本植與密植可降低抽穗期莖稈 TNC 濃度，但提高成熟期穗部 TNC 濃度的作用（表 5）。

行株距試驗另一項主要目的在瞭解對大粒型品種產量及其構成要素的影響，試驗結果列於表 6。行株距 30×15cm 多本植處理之每株穗數爲 10.0，高於單本植之 8.8與密植栽培之6.5，但仍不如臺農67號之 12.5；各處理對 Pegonil 水稻每穗穎花數、結實率與千粒重未造成任何差異，亦即密植對產量的影響全由穗數決定。Pegonil 品種每穗穎花數僅爲 50個左右，不及臺農67號 (115個) 的一半，與穗數較少同爲產量遜於臺農67號的主要原因。Pegonil 品種之千粒重高達 45g，幾爲臺農 67號 (23.2g) 之兩倍。

行株距處理對充實穀粒、不充實穀粒與枝梗重量的影響列於表 6；由於密植栽培使穗數減少，每株水稻充實與不充實穀粒重量亦因粒數減少而降低，其充實粒重僅有 11.3g，爲 30×15cm 處理之69%。品種間比較發現 Pegonil 不充實穀粒重佔全穗重之比例頗高達 10.5—14.7%，爲臺農67號（3.3%）之3.2至 4.5倍，顯示大粒型品種之充實效率較低。經由產量構成要素估算產量，30×15cm 與多本植處理爲 3.5t/ha，單本植爲 3.7t/ha，並無差異存在，密植處理的產量爲 5.0t/ha，亦即具有約30%的增產效果，但均不及臺農67號品種（6.2t/ha）高産（表 6）。

密植栽培可使 Pegonil 品種穗內充實穀粒 TNC 濃度升高，但全氮濃度降低，不充實穀粒內之含氮量亦有下降的趨勢；不同栽植密度對不充實穀粒 TNC 含量雖無影響，但三個處理的數值均在45%以上，遠高於臺農67號的17.5%（表 7），顯示大粒型品種穀粒對光合成物質的利用效率偏低，此外，Pegonil 品種枝梗內的氮濃度與莖稈部位相近，在 0.6%與 0.7%之間，亦無處理間效應；TNC 濃度極低，尙不及2.4%，與臺農67號比較（5.9%），呈現顯著的差異（表 7）。

Table 7. Concentrations (%) of N and total nonstructural carbohydrates (TNC) in different fractions of mature panicles of Pegonil and Tainung 67 rice plants

Variety	Chemical Constituent	Plant Spacing (cm)	Seedling Number per Hill	Filled Grain	Unfilled Grain	Panicle Branch
Pegonil	TNC	30×15	4—6	57.4±2.5	46.9±1.6	1.2±0.2
		30×15	1	60.4±4.1	45.5±2.2	1.8±0.1
		30×7.5	1	63.8±1.3	49.4±3.4	2.3±0.2
	N	30×15	4—6	1.51±0.18	1.66±0.07	0.66±0.05
		30×15	1	1.52±0.07	1.65±0.01	0.71±0.05
		30×7.5	1	1.31±0.06	1.50±0.11	0.64±0.04
Tainung 67	TNC	30×15	4—6	61.9±1.2	17.5±2.9	5.9±0.7
	N	30×15	4—6	1.15±0.10	1.01±0.02	0.63±0.04

討　　論

本所作物生理研究室在對大粒型水稻進行的試驗中，曾採用 Mira 與 Arborio 品種爲材料，並發現兩品種間農藝性狀、產量與對環境適應性差異[4,17]；本試驗採用 Pegonil 品種，係因其具有株高較矮及千粒重高而穩定的特性，且用以培育臺農67號大粒型 isogenic line，頗具成功之故。試驗結果 Pegonil 在第二期作的產量偏低，密植栽培雖可大幅提高產量，但仍不及臺農67號的表現（表 6）。本研究室在74年第一、二期作曾以相同密植栽培處理進行另一項關於大粒型品種的生理研究，茲將其產量資料與本試驗結果（t/ha）併列於下，以供比較，括弧內之數值爲產量指數：

品　　種	行　距　株	移植苗數	一　期　作	二　期　作	二　期　作（本試驗）
臺農 67 號	30×15cm	4—6	6.7(100)	5.8(100)	6.2(100)
Pegonil	30×15cm	4—6	5.2(78)	4.0(69)	3.5(57)
Pegonil	30×15cm	1	4.6(69)	3.8(66)	3.7(60)
Pegonil	30×7.5cm	1	7.3(109)	4.9(84)	5.0(81)

由上述資料得知，Pegonil 品種較不適於二期作栽培，與 Arborio 品種的適應性相同[17]，但與 Mira 品種較適於二期作環境的特性[16]有異，顯示品種間的差異。又因密植栽培使株數加倍，一期作可提高產量58%，二期作提高29—42%，一期作之產量並超越臺農67號，除表示大粒型品種確具高產潛力外，今後並應針對植株特殊農藝性狀，採用不同的栽培方法，以達到高產的目的。

穀類作物的產量由充實速率與充實期期間兩項因子共同決定[18]；由表 2 得知，臺農67號穗部乾重至抽穗後第 5 週始達高峰，充實期間頗長，為一特殊現象，可能與穀粒充實期間溫度與日射量較低有關，Yoshida and Hara[20] 即曾指出，16—22°C 之低溫與低日射量可延長稉稻充實期間。由表 2 乾物重及表 6 一穗穎花數資料推算，大粒型品種 Pegonil 的穀粒有効充實期短，但以每一穀粒為單位，充實速率應遠較臺農 67號為高；周[2]以 7 個不同粒重水稻品種為材料，獲得大粒品種在二期作具有較高充實速率之結果；Fujita *et al.*[6]也報告充實速率隨穀粒粒重之加大而升高。

大粒型品種 Pegonil 如確實具有較高的充實速率與較短的有效充實時間，則在抽穗後三週內是否具有充份的光合作用能力（concurrent photosynthesis）或是否更依賴抽穗前預貯於莖稈中乾物質（pre-heading storage）之再轉移，以滿足穀粒充實的需要，值得予以探討。本試驗並未直接測定光合作用能力，但抽穗後一週內莖稈 TNC 濃度由22.7%急速上升至29%（表 4），且於抽穗期去除二分之一葉片，雖導致莖稈內 TNC 濃度下降（表 4），而與對照植株比較，莖稈與穗部乾重及成熟期穗部 TNC 濃度並未減少，表示可能仍有充份之光合成物質供應，唯仍不能確定其絕對光合作用能力高於臺農 67號品種。在對預貯性碳水化合物的利用方面，假設再轉移効率為 70%[5]，則臺農67號成熟期穗部 TNC 有21%源於抽穗前之光合成產物，與以往的試驗結果[4]相近，Pegonil 則為 24%；抽穗時與抽穗後一週行去葉處理，預貯性 TNC 的貢獻分別小幅上升至 27%與 29%，顯示葉面積減少一半時，Pegonil 仍以抽穗後之光合作用為主要供源，對預貯性物質的依賴程度並未大幅上升，同時仍能維持相當的產量。反之，去葉處理使臺農67號穗重顯著降低（表 2），預貯性 TNC 對全穗 TNC 的貢獻增加至42%，表示光合成能力因葉面積減少而受到嚴重的阻礙。

抽穗時 Pegonil 與臺農67號葉片內氮濃度相同，隨後之下降幅度則以 Pegonil 較為明顯，抽穗後第 2 及 3 週之濃度僅為 1.65%與1.30%，遠低於臺農67號之1.89%與1.81%。Yoshida (1981) 估計維持水稻葉片高光合成能力的最低氮濃度為 2 %，Tanaka[12] 也指出光合作用速率隨水稻葉片全氮濃度增加而上升，直至 3 %為止；因此 Pegonil 品種葉片氮濃度在抽穗後急劇下降，有可能影響其生理活性[10]；換言之，光合作用能力雖能充份供應穀粒充實的需要，但以抽穗後全株乾物質累積量的觀點而言，其速率應仍低於臺農67號。

成熟期 Pegonil 穗部氮濃度（1.51%）遠較臺農 67號（1.15%）為高（表 3），似為大粒型水稻品種共有之特性[17]，也可能是抽穗後葉片氮濃度急劇下降的最主要原因，Thom *et al.*[13] 即曾報告，發育中穀粒的需氮量極大，除源於根部吸收作用之供應外，葉片內所含氮素亦向外轉移。但本試驗中去除二分之一葉片，減少葉片供應氮素能力後，穗部氮濃度雖有明顯下降，而葉片中之氮濃度却未較相當之對照組降低（表 3），顯然這種「再轉移」的現象並不單純。可能的解釋為，葉面積減少後為充份供應積儲對於光合成物質的需求，所餘葉片的活性上升，減緩氮素外移的速率；同時於損失葉面積，根部在競爭光合成物質方面，積儲强度（sink strength）更遜於穗部，在缺少能源供應的情況下，吸收能力下降，而使氮素供應更形不足，導致穗部氮濃度的下降。此外，去葉處理後，穗部乾物重與氮濃度並行降低，可能表示氮素與碳水化合物的累積亦互相影響與作用[9,14,15,17]。

在行株距試驗部份曾對產量構成要素進行詳細的調查，大粒型品種 Pegonil 的穗數雖低，但與臺農67號差距不大，一穗穎花數太少為低產的最主要原因。在同為 30×15cm之行株距下，多本植或單本植雖使後者穗數稍減，但穎花數增多，故產量相同（表 6）。密植（30×7.5cm）穗數明顯降低，但其他三項產量構成要素未受影響，因此單株產量雖然不如疏植者，公頃產量却為最高（表 6）。經由比較 30×15cm 與 30×7.5cm 行株距而均以單本植之兩處理各項性狀，以全株乾重為 10.4g，

爲疏植者（14.0g）之 74%表 5 資料計算，顯然在抽穗以前，後者並不能充份利用環境資源；抽穗後由於植株已趨繁茂，空間成爲限制因子，故密植植株在穀粒全充實期間所增加之乾重僅約爲疏植者之70%，此一時期增加乾物重之量，爲密植最後穗重的 75%，爲疏植最後穗重的 78%，顯示在生育空間受到限制的情況下，水稻植株依賴再轉移物質的程度增加[18]。唯就本試驗之密植株而言，光合成能力雖受限制，應仍可供應穀粒充實的需要，此一推論可由穗部較高的 TNC 濃度（表 5）得到證明。疏植與密植兩處理之乾物質收穫指數（dry matter harvest index）均爲 0.63，氮收穫指數（nitrogen harvest index）均爲0.77，TNC 收穫指數（TNC harvest index）均爲 0.96，處理間全無差異，亦與楊等[3]的數值相同，顯示在供試兩種不同密度的栽培方式下，生產効率（yield efficiency）相同，亦即密植具有可以使 Pegonil 品種增產的理論基礎。

對臺農67號與 Pegonil 品種穀粒充實度的調查，發現 Pegonil 品種不充實粒重占全穗重之10.5—14.7%，比例較高，臺農67號僅爲3.3%（表 6）；又分析不充實穀粒 TNC 濃度，得知 Pegonil 高達45—50%，臺農67號爲17.5%，兩者亦有極顯著的差異（表 7），顯示大粒型品種部份穀粒在充實的過程中，有過早中止充實或均一度欠佳的問題存在，估計穗內 TNC 含量中，有 8—10%未能予以收穫，因此生產効率不如臺農67號；今後在謀求利用大粒型水稻種源時，應注意改善此一缺點。

綜合本試驗的結果，認爲單位面積粒數爲限制大粒型水稻品種 Pegonil 產量的最主要原因；抽穗期去除二分之一葉片對臺農 67號產量有顯著影響，對 Pegonil 的作用較小，亦即就現有植株型態而言，Pegonil 品種具有充足的供源能力。密植栽培可提高大粒型水稻之產量，顯示以改良栽培方法提升大粒型品種的利用性應屬可行。大粒型水稻穀粒充實速率雖高，但充實期間短，又其充實均一性欠佳，造成穗部 TNC 的浪費，爲極待改良的缺點。

引用文獻

1. 李成章。1982。禾穀類作物之收穫指數是否可視爲農藝與育種上目標。科學農業30：439—443。

2. 周煒裕。1983。水稻穀粒大小之充實特性與遺傳之研究。國立中興大學糧食作物研究所碩士論文。臺中市。

3. 楊藹華、梁文賓、魏夢麗、劉大江。1983。二期作水稻光合成物質的生產、分配及與產量間的關係。中華農業研究32：209—218。

4. 魏夢麗、劉大江。1984。不同粒重水稻品種之農藝與生理性狀比較。中華農業研究33：363—371。

5. Cock, J. H. and S. Yoshida. 1972. Accumulation of C-labelled carbohydrate before flowering and its subsequent redistribution and respiration in rice plant. Proc. Crop Sci. Soc. Japan 41：226-234.

6. Fujita, K., V. P. Coronel and S. Yoshida. 1984. Grain-filling characteristics of rice varieties (*Oryza sativa* L.) differing in grain size under controlled environmental conditions. Soil Sci. Plant Nutr., 30(3)：445-454.

7. International Rice Research Institute. 1977. Annual report of 1976. pp. 18-20. Los Banos, Philippines.

8. Jones, D. B., M. L. Peterson and S. Geng. 1979. Association between grain-filling rate and duration and yield components in rice. Crop Sci. 19：641-644.

9. MacGregor, A. W., D. E. Laberge and W. O. S. Meredith. 1971. Changes in barley kernels during growth and maturation. Cereal Chem. 48：255-259.

10. Sinclair, T. R. and C. T. de Wit. 1975. Comparative analysis of photosynthate and nitrogen requirement in the production of seeds by various crops. Science 189：565-567.

11. Smith, D. 1969. Removing and analyzing total nonstructural carbohydrates from plant tissue. Wis. Agr. Exp. Sta. Rep. 41, 11pp.

12. Tanka, A. 1961. Studies on the nutrio-physiology of leaves of rice plant. J. Fac. Agri., Hokkaido univ. 51：449-550.

13. Thom, W. O., T. C, Miller and D. H. Bowmar. 1981. Foliar fertilization of rice after midseason.

Agron. J. 73 : 411-414.

14. Tsai, C. Y., D. M. Huber and H. L. Warren. 1978. Relationship of the kernel sink for N to maize productivity. Crop Sce. 18 : 399-404.
15. Tsai, C. Y., D. M. Huber and H. L. Warren. 1980. A proposed role of zein and glutelin as N sinks in maize. Plant physiol. 66 : 330-333.
16. Wei, M. L., M. C. Shen, C. S. Chen and D. J. Liu. 1982. Physiological study of rice tiller. I. Partition of dry matter, nitrogen and total nonstructural carbohydrates during grain-filling. Proc. Natl. Sci. Counc. ROC (A) 6 : 190-196.
17. Wei, M. L., Y. C. Kuo and D. J. Liu. 1984. Physiological studies of rice tillers. II. Productivity of varieties differing in grain volume. Jour. Agric. Res. China 33(1) : 012-023.
18. Yoshida, S. 1972, Physiological aspects of grain yield. Ann. Rev. Plant physiol. 23 : 437-464.
19. Yoshida, S. 1981. Fundamentals of rice crop science. pp. 60-62, 140, 242 International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines.
20. Yoshida, S. and T. Hara. 1977. Effects of air temperature and light on grain filling of an indica and a japonica rice (*Oryza sativa* L.) under controlled environmental conditions. Soil Sci. Plant Nutr., 23(1) : 93-107.

Influence of Partial Leaf-Removal and Planting Density on the Yield Performances of Rice Plants Differing in Grain Weight[1]

M. L. Wei and D. J. Liu[2]

Summary

Studies were conducted to examine the possibility of enhancing grain yield of a large-grain variety, Pegonil, through increasing panicle number per unit area by dense planting(30×7.5cm vs. 30×15cm). Fifty percent leaf-cutting was also executed at either heading or 1 week after heading to investigate whether photosynthetic production was high enough to meet the needs of developing grains. Under the environmental conditions of the 2nd crop season, yield was 40% lower for Pegonil than for Tainung 67, a medium-grain variety, due mainly to fewer spikelet number per panicle and panicle number per hill. Leaf-removal at heading stage showed no effect on the mature panicle weight per hill, whereas a 32% reduction was observed in Tainung 67. Leaf-removal at 1 week after heading decreased panicle weight by 14% and 32%, repectively, for Pegonil and Tainung 67. Leaf-cutting caused a decrease of N concentration in the panicle, but not in the leaf blade and culm; indicating retranslocation of N to the panicle was insignificant. This, along with the low TNC concentration in the culm, suggested that photosynthetic production was unable to sustain high root activity, and hence the supply of N was not in an adequate state for the developing grains. Dense planting increased yield of Pegonil by 42%, which was still 20 % lower than the yield of Tainung 67. As panicle number per unit area was increased significantly while the other three yield components were unaffected, it indicated that grain yield of large-grain rice varieties could be increased substantially through cultural improvement. The large-grain variety Pegonil possessed high accumulation rates of dry matter, N ane TNC in the panicles during the first 3 weeks after heading. However, shorter effective grain-filling period and less uniform TNC deposition among spikelets within a panicle resulted in lower yield efficiency of Pegonil. Improvement should be made before the large-grain rice varieties were able to be grown commercially.

---

1. Contribution No. 1299 from Taiwan Agricultural Research Institute. This study was supported by the Council of Agriculture, Executive Yuan, ROC.

2. Respectively, research assistant and senior agronomist, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung Hsien , Taiwan 41301, ROC.